

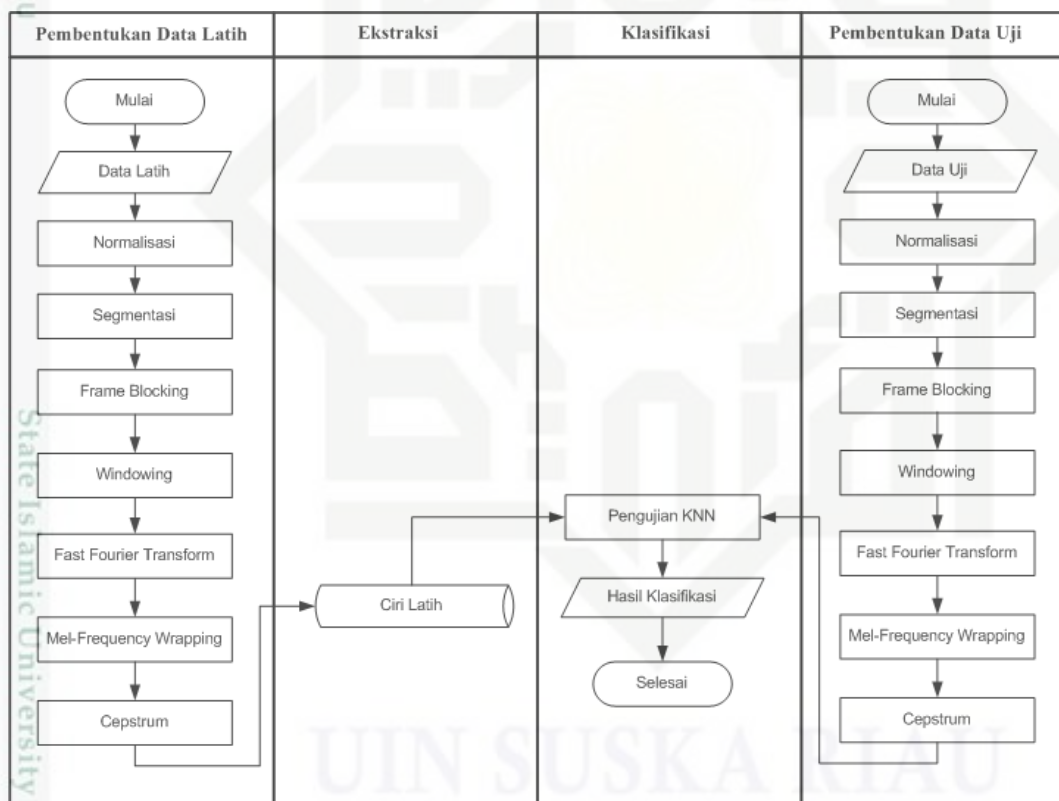
BAB IV

ANALISA DAN PERANCANGAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang analisa dan perancangan dari aplikasi yang akan dibuat. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan pada analisa dan perancangan aplikasi ini adalah sebagai berikut:

4.1 Analisa

Analisa proses pengecekan hukum tajwid *ikhfa* secara garis besar terdiri dari tahapan analisa data dan analisa sistem. Adapun proses pengecekan hukum tajwid *ikhfa* dapat dilihat berdasarkan *flowchart* pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 *Flowchart* Ekstraksi Ciri dan Klasifikasi

4.1.2.1 Analisa Data

Pada tahap analisa data terdiri dari pembagian data suara, normalisasi data suara dan segmentasi data suara. Data yang digunakan pada penelitian ini diambil di Pondok Pesantren Tahfidzul Qur'an Al-Kahfi. Pada penelitian ini menggunakan 5 responden dan semua responden akan dipilih langsung oleh

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pimpinan lembaga tempat penelitian dan semua responden sudah dapat membaca Al-Quran dengan fasih atau tartil serta data suara yang akan diambil dari responden hanya hukum tajwid *ikhfa* yakni sebanyak 15 huruf. Kategori data suara yang akan diambil bacaan benar dan bacaan salah. Data yang diambil merujuk pada Tabel 3.1. Data suara diperoleh dari perekaman menggunakan alat perekam suara yakni *smartphone* “Asus Zenfone C” yang terdiri dari 750 data suara.

Untuk lebih jelas lihat penghitungan Jumlah sampel data suara yang diambil dari 5 orang responden dibawah ini:

1. Ucapan Bacaan Tajwid Benar

Adapun data yang diambil pada ucapan bacaan tajwid yang benar yaitu:

Huruf *Ikhfa* (H) = 15 huruf

Responden (R) = 5 orang

Benar (B) = 5 kali ulang

$$\text{Data Benar} = H \times R \times B = 15 \times 5 \times 5 = 375$$

2. Ucapan Bacaan Tajwid Salah

Adapun data yang diambil pada ucapan bacaan tajwid yang salah yaitu:

Huruf *Ikhfa* (H) = 15 huruf

Responden (R) = 5 orang

Salah (S) = 5 kali ulang

$$\text{Data Benar} = H \times R \times S = 15 \times 5 \times 5 = 375$$

Adapun langkah-langkah analisa data adalah sebagai berikut:

4.1.1.1 Pembagian Data Suara

Setelah semua data suara telah didapatkan, maka keseluruhan data suara tersebut dibagi kedalam data latih dan data uji. Berikut adalah pembagian data suara antara data latih dan data uji yang digunakan pada penelitian pengecekan hukum tajwid *ikhfa* ini.

1. Data Latih

Data latih merupakan data yang digunakan sebagai target dalam proses pengecekan bacaan tajwid *ikhfa*. Data latih diambil sebanyak 80% dari setiap contoh huruf *ikhfa* yaitu 20 data suara yang benar dan 20 data suara

yang salah, jadi total dari keseluruhan data yang akan dijadikan untuk data latih adalah sebanyak 40 data pada setiap huruf *ikhfa*. Data latih ini yang akan dijadikan sebagai acuan untuk mencari jarak terdekat dan jumlah kesamaan terbanyak sesuai dengan K tetangga (*neighbor*) yang diketahui antara data yang diuji dengan data latih (data yang disimpan pada *database*) untuk mengecek hukum tajwid *ikhfa*.

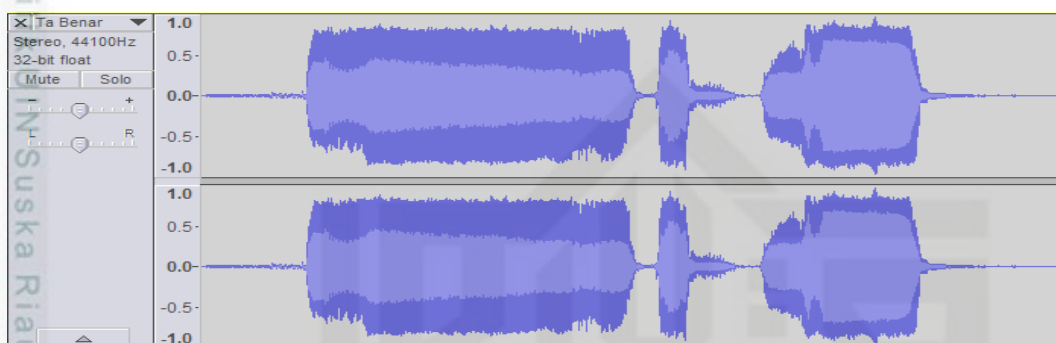
2. Data Uji

Data uji merupakan data suara yang akan dicocokkan dengan data latih dan tidak digunakan dalam data latih. Pencocokan terhadap data latih dilakukan untuk mengetahui data uji benar atau salah. Data uji yang diambil pada penelitian ini sebanyak 20% dari setiap contoh huruf *ikhfa* yang telah diambil dari masing-masing responden yaitu 5 data yang benar dan 5 untuk data yang salah, jadi total keseluruhannya adalah 10 data suara.

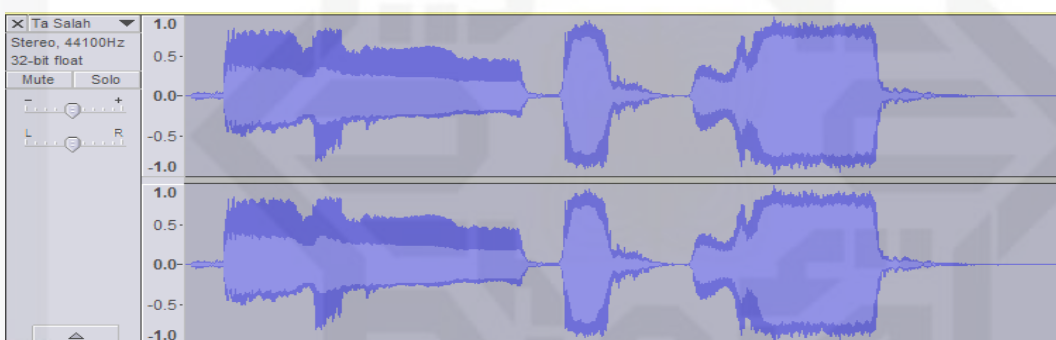
4.1.1.2 Normalisasi

Proses normalisasi merupakan proses yang bertujuan untuk mengubah data suara hasil rekaman menjadi data suara yang sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan pada penelitian ini. Proses normalisasi data latih dan data uji dilakukan secara terpisah pada aplikasi yang dibangun yakni menggunakan *software Filmora Wondershare, Audacity* dan *r8brain*. *Filmora Wondershare* digunakan untuk mengkonversi format hasil rekaman suara dari alat rekaman. Konversi format suara dengan *Filmora Wondershare* dilakukan apabila *Audacity* tidak mendukung format ekstensi tersebut seperti format **.3gpp*. *Software Audacity* digunakan untuk konversi data suara yang memiliki *channel stereo* menjadi *channel mono* dan konversi ekstensi file yang berasal dari format ekstensi **mp3* menjadi **wav*. Proses konversi *channel* dilakukan karena sinyal suara *stereo* memiliki lebih dari satu *channel* sehingga akan terjadi proses berulang jika dikonversi menjadi *mono* dan proses konversi ekstensi file menjadi **wav* karena sinyal suara dengan ekstensi file **wav* dapat dibaca pada semua *platforms* dan ekstensi file **wav* bersifat *Uncompressed*. *Software r8brain* digunakan untuk mengkonversi *sampling rate* yang berasal dari 44100Hz menjadi 16000Hz.

Konversi *sampling rate* dilakukan untuk mengurangi kapasitas penyimpanan data. Berikut adalah gambar sinyal suara rekaman contoh bacaan hukum tajwid ikhfa pada huruf “Ta” yang diulang sebanyak 1 kali dan ditampilkan menggunakan *software Audacity* dapat di lihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.2 Rekaman Data Bacaan Ta Benar Sebelum Normalisasi



Gambar 4.3 Rekaman Data Bacaan Ta Salah Sebelum Normalisasi

Pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 diatas merupakan tampilan sinyal suara hasil perekaman yang belum diolah. Sinyal suara tersebut terdiri dari 1 suara ucapan contoh huruf Ta dan bersifat *stereo* yang memiliki dua *channel*. Masing-masing *channel* yang dimiliki sinyal suara mempunyai sejumlah gelombang suara dan masing-masing gelombang suara mengandung informasi berupa nilai amplitudo. Penelitian pengecekan hukum tajwid *ikhfa* ini menggunakan nilai amplitudo tersebut sebagai inputan. Nilai amplitudo dan jumlah getaran gelombang didapat dengan cara memasukkan data suara ke dalam *software Matlab 2016b*.

Untuk menghitung jumlah getaran gelombang pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 secara manual dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1). Nilai variable waktu diperoleh dengan melihat di *software Audacity* dan

juga dapat dilihat melalui Matlab dengan mengetikkan program berikut di *editor* Matlab. Untuk lebih jelas dapat di lihat pada Gambar 4.4 berikut.

```
Editor - C:\Users\Aminpoel\Documents\MATLAB\knn\ta.m
1 - filename = 'C:\Users\Aminpoel\Documents\MATLAB\knn\Simulasi\Ta Benar.wav';
2 - info = audioinfo(filename);
3 - read = audioread(filename);
```

Gambar 4.4 Program Durasi dan Nilai Amplitudo Rekaman Data Suara

Pada **baris pertama** menjelaskan tentang direktori file yang akan di lihat nilai variable waktu dan **baris kedua** untuk menjelaskan mengenai informasi file tersebut dan **baris ketiga** untuk menjelaskan nilai amplitudo pada file tersebut. Setelah dijalankan maka hasilnya akan didapat seperti Gambar 4.5 dan Tabel 4.1 berikut.

```
Filename: 'C:\Users\Aminpoel\Documents\MATLAB\knn\Simulasi\Ta Benar.wav'
CompressionMethod: 'Uncompressed'
NumChannels: 2
SampleRate: 44100
TotalSamples: 174857
Duration: 3.9650
Title: []
Comment: []
Artist: []
BitsPerSample: 32
```

Gambar 4.5 Hasil Informasi Rekaman Data Suara

Berdasarkan Gambar 4.5 nilai variable waktu yang didapatkan adalah sebesar 174.857 detik dan frekuensi *sample rate* sebesar 44100 Hz. Untuk mendapatkan nilai amplitudo dan jumlah getaran gelombang secara manual dapat dilihat pada bagian (2.2). Nilai amplitudo dan jumlah getaran gelombang pada contoh bacaan Ta benar dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Ta salah dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

$$\text{Jumlah getaran} = 44.100 \times 3,965 = 174.857$$

Tabel 4.1 Nilai Amplitudo Sebelum Normalisasi Ta Benar

Gelombang	Amplitudo	
	Channel 1	Channel 2
0	-0,0004	-0,0004
1	-0,0002	-0,0002
2	-0,0002	-0,0002
3	-0,0004	-0,0004
4	-0,0004	-0,0004

.	.	.
.	.	.
.	.	.
174.857	0,0019	0,0019

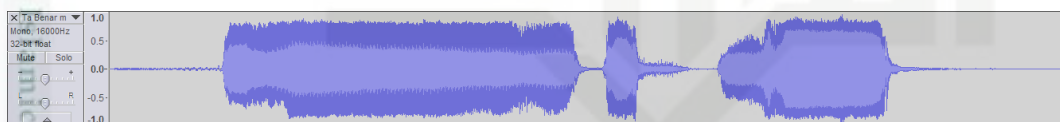
Untuk mendapatkan nilai amplitudo dan jumlah getaran gelombang pada bacaan “Ta Salah” sama seperti mendapat nilai amplitudo dan jumlah getaran gelombang pada Tabel 4.1.

$$\text{Jumlah getaran} = 44.100 \times 3,6266 = 159.935$$

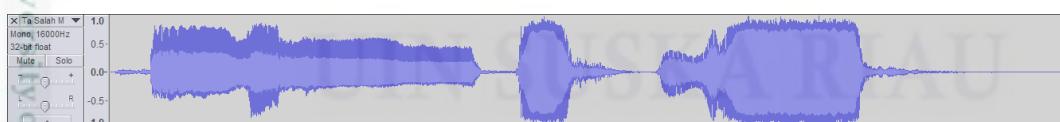
Tabel 4.2 Nilai Amplitudo Sebelum Normalisasi Ta Salah

Gelombang	Amplitudo	
	Channel 1	Channel 2
0	-0,0013	-0,0013
1	-0,0014	-0,0014
2	-0,0016	-0,0016
3	-0,0018	-0,0018
4	-0,0017	-0,0017
.	.	.
.	.	.
.	.	.
159.935	-0,0089	-0,0089

Channel stereo yang belum dikonversi dapat dilihat pada Gambar 4.2. dan Gambar 4.3 Sedangkan sinyal suara *channel* setelah dikonversi menjadi *channel mono* dan *sampling rate* 16000 Hz dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.6 Rekaman Data Suara Bacaan Ta Benar Setelah Normalisasi



Gambar 4.7 Rekaman Data Suara Bacaan Ta Salah Setelah Normalisasi

Jika ingin menghitung jumlah getaran dapat dilakukan dengan persamaan (2.1) dan untuk mendapatkan nilai amplitudo merujuk pada cara mendapatkan nilai amplitudo pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Berikut adalah jumlah getaran dan nilai amplitudo pada contoh rekaman data suara benar dan contoh rekaman data suara

salah dengan *channel mono* dan *sampling rate* 16000 Hz. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.3 Nilai Amplitudo Sesudah Normalisasi Ta Benar

Gelombang	Amplitudo
0	-0,0037
1	-0,0026
2	-0,0018
3	-0,0013
4	-0,0007
.	.
.	.
.	.
73.118	-0,0207

Tabel 4.4 Nilai Amplitudo Sesudah Normalisasi Ta Salah

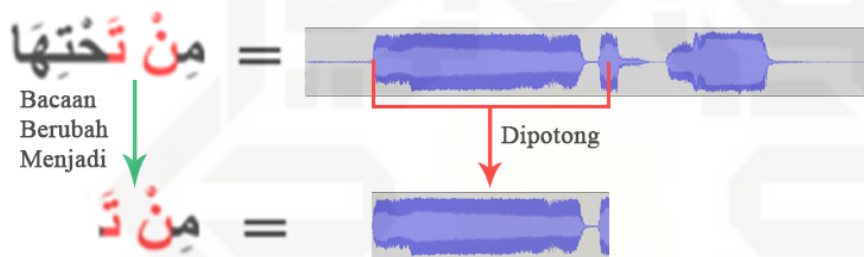
Gelombang	Amplitudo
0	-0.0001
1	-0.0004
2	-0.0006
3	-0.0004
4	-0.0001
.....
58.026	-0,0121

Proses pembentukan data suara akan dikelompokkan berdasarkan huruf-huruf *ikhfa*. Misalnya apabila data suara yang ingin diuji adalah contoh bacaan tajwid huruf Ta, maka data latih akan dilakukan ekstraksi ciri suara pada huruf Ta dan data ekstraksi ciri pada contoh huruf *ikhfa* yang lain (Tsa, Jim, Dal, Dzal, Zai, Sin, Syim, Shad, Dhad, Tha, Zha, Fa, Qaf, Kaf) sama seperti yang dilakukan pada huruf Ta yakni dilakukan ekstraksi ciri pada masing-masing contoh huruf *ikhfa*.

Data suara terdiri dari sekumpulan gelombang suara dan pada setiap gelombang mengandung informasi berupa nilai amplitudo dengan rentang nilai antara -1.0 sampai 1.0. Nilai amplitudo yang terdapat pada sebuah data suara akan diproses dan diolah untuk pengecekan hukum tajwid *ikhfa*. Banyaknya nilai amplitudo pada setiap suara tergantung banyak gelombang yang terdapat pada data suara tersebut.

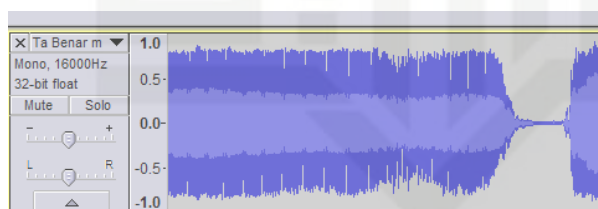
4.1.1.3 Segmentasi

Proses segmentasi dilakukan setelah proses normalisasi selesai. Segmentasi dilakukan untuk menghapus suara kosong atau diam (*Delete silent time*) terhadap data suara yang telah direkam dari masing-masing responden dan memotong data yang suara telah direkam menjadi beberapa *frame*. Pada penelitian ini proses segmentasi dilakukan secara manual menggunakan *software Audacity*. Suara yang dipotong untuk dijadikan data pada penelitian ini adalah data suara yang bacaannya antara sebelum huruf nun mati (sukun) dan sesudah nun mati (sukun) serta yang tidak memiliki *silent time*. Ilustrasi dari proses segmentasi dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.8 Ilustrasi Segmentasi Bacaan Huruf Ta Benar

Sinyal suara sesudah diproses segmentasi dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Hasil Proses Segmentasi Bacaan Huruf Ta Benar

4.1.2 Analisa Metode

Tahap analisa metode dilakukan setelah proses analisa data selesai. Pada tahap analisa metode terdiri dari ekstraksi ciri menggunakan metode *Mel Frequency Cepstrum Coefficient* (MFCC) dan klasifikasi data menggunakan *K-Nearest Neighbor* (KNN). Adapun langkah-langkah analisa sistem adalah sebagai berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.1.2.1 Ekstraksi Ciri *Mel Frequency Cepstrum Coefficient*

Adapun tahapan dalam ekstraksi ciri menggunakan *Mel Frequency Cepstrum Coefficient* (MFCC) adalah sebagai berikut:

1. *Frame Blocking*

Frame blocking merupakan hasil dari proses segmentasi. Pada tahapan ini proses membagi sinyal audio ke dalam bentuk *frame* dan setiap *frame* terdiri atas N-sampel. *Frame blocking* dilakukan agar sinyal lebih untuk diproses pada langkah selanjutnya. Perhitungan jumlah getaran gelombang suara secara manual Gambar 4.7 dapat dilakukan dengan persamaan (2.1) dan nilai variabel waktu dan frekuensi *sample rate* merujuk pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.

$$\text{Jumlah getaran} = 16000 \times 1,8896 = 30234$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai amplitudo dari contoh bacaan huruf Ta Benar adalah merujuk pada Tabel 4.1.

Tabel 4.5 Nilai Amplitudo *Frame Blocking* Bacaan Ta Benar

Gelombang	Amplitudo
0	0,0323
1	0,0517
2	0,0449
3	0,0492
4	0,0463
.	.
.	.
.	.
30.233	0,0004

Lakukan proses *frame blocking* (segmentasi) dengan cara yang sama untuk semua huruf *ikhfa* (15 huruf) yang lain sehingga menjadi 20 *frame* bacaan yang benar dan 20 *frame* bacaan yang salah dan proses ini dilakukan pada masing-masing huruf *ikhfa*. Masing-masing *frame* memiliki durasi yang berbeda, sehingga setiap *frame* memiliki jumlah gelombang yang berbeda. Hasil *frame blocking* untuk kategori bacaan yang benar dan bacaan yang salah pada huruf “Ta” dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.6 Jumlah Getaran masing-masing *Frame* Huruf Ta

Gelombang							
Frame Blocking Ta Benar				Frame Blocking Ta Salah			
Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-20	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-20
0	0	∴	0	0	0	∴	0
1	1	∴	1	1	1	∴	1
2	2	∴	2	2	2	∴	2
.
.
.
.	.	.	.	20.760	.	.	.
.
.
.
.
.	.	.	23.446	.	.	.	.
.
.	.	.	.	24.162	.	.	.
.
.	.	.	.	.	.	.	25.505
30.233	.	.	.	.	.	.	.
.
.	37.653	.	.	.	.	.	.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Windowing

Sebelum melakukan proses *windowing*, terlebih dahulu dicari nilai *window* dengan menggunakan persamaan (2.2) sehingga menghasilkan nilai $w(n)$ sebagai berikut.

Nilai N pada penelitian ini merujuk pada jumlah gelombang pada Tabel

4.5.

$$N = 30.234$$

$$n = 0,1,2,3 \dots, 30233$$

$$\pi = 3,14$$

$$w(0) = 0,54 - 0,46 \cos \left(\frac{2 \times 3,14 \times 0}{30.234 - 1} \right) = 0,08000000$$

$$w(1) = 0,54 - 0,46 \cos \left(\frac{2 \times 3,14 \times 1}{30.234 - 1} \right) = 0,08000001$$

Lakukan perhitungan secara berulang dengan persamaan diatas sampai nilai w mencapai 30233, sehingga didapatkan nilai *window* seperti Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Nilai Hasil *Hamming Window*

N	$w(n)$
0	0,08000000
1	0,08000001
2	0,08000004
3	0,08000009
4	0,08000016
.	.
.	.
.	.
30.233	0,08000265

Selanjutnya hasil dari masing-masing nilai *window* pada Tabel 4.7 dikalikan dengan masing-masing nilai amplitudo yang terdapat pada Tabel 4.5 dengan menggunakan persamaan (2.3), perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$y(0) = 0,0323 \times 0,0800000 = 0,0026$$

$$y(1) = 0,0517 \times 0,0800001 = 0,0041$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lakukan perhitungan secara berulang dengan persamaan yang sama sampai $y(30233)$, sehingga didapatkan nilai seperti Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Nilai Hasil Windowing

N	$y(n)$
0	0,0026
1	0,0041
2	0,0036
3	0,0039
4	0,0037
⋮	⋮
30.233	0,000032

3. *Fast Fourier Transform (FFT)*

Langkah selanjutnya adalah langkah mengubah domain waktu kedalam domain frekuensi. FFT dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.4) dan merujuk pada Tabel 4.8, perhitungan FFT adalah sebagai berikut.

$$X(0) = \sum_{k=0}^{30233} y_0 e^{-2\pi j 0 k / N}$$

$$\begin{aligned} X(0) &= (0,0026) e^{-2 \times 3,14 \times \sqrt{1} \times 0 \times 0 / 30233} + (0,0041) e^{-2 \times 3,14 \times \sqrt{1} \times 0 \times 1 / 30233} + \\ &\quad \dots + 0,000032 e^{-2 \times 3,14 \times \sqrt{1} \times 0 \times 30233 / 30233} \\ &= (8,26884 \times 10^{-8}) + (1,35609 \times 10^{-8}) + \dots + (7,93835 \times 10^{-8}) \end{aligned}$$

$$X(0) = -0,000363332$$

Lakukan hal yang sama sampai $X(30233)$, maka didapatkan nilai FFT seperti Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Nilai FFT

n	$X(n)$
0	-0,000363332
1	$5,3175 \times 10^{-08}$
2	$8,226884 \times 10^{-08}$
⋮	⋮
30.233	$8,26884 \times 10^{-08}$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4. Mel Frequency Wrapping

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai *mel frequency wrapping*. Langkah pertama adalah membuat *filter bank* dengan menggunakan persamaan (2.5) dan perhitungan *filter bank* merujuk pada Tabel 4.5. perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$H(0) = 2595 \times \log_{10} \left(1 + \frac{0,0323}{700} \right) = 0,0520015$$

Lakukan perhitungan secara berulang dengan persamaan diatas sampai nilai $H_1(n)$ mencapai 30233, sehingga nilai *filter bank* seperti pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Nilai Filter Bank

n	H(n)
0	0,0520015
1	0,0832335
2	0,0722863
.	.
.	.
.	.
30.233	0,000644

Kemudian setelah didapatkan nilai *filter bank*, maka langkah selanjutnya adalah menghitung *mel frequency wrapping* dengan menggunakan persamaan (2.6), perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$S(0) = X(0) \times H(0)$$

$$S(0) = -0,000363332 \times 0,0530015 = -1,88938 \times 10^{-5}$$

Lakukan perhitungan secara berulang sampai $S(30233)$, sehingga didapatkan nilai *mel frequency wrapping* seperti pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Nilai Mel Frequency Wrapping

n	S(n)
0	$-1,88938 \times 10^{-5}$
1	$2,76518 \times 10^{-09}$
2	$5,94691 \times 10^{-09}$
.	.
.	.
.	.
30.233	$5,97724 \times 10^{-09}$

Cepstrum

Langkah terakhir untuk mendapatkan nilai ciri adalah *cepstrum*, dengan melakukan perhitungan dengan persamaan (2.7) dan perhitungan ini merujuk pada tabel 4.11. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\Pi = 3,14$$

$$M = 13$$

$$C_1 = \sum_{n=0}^{30233} S(0) \cos \left[1 \frac{(0-0,5) \times 3,14}{13} \right]$$

$$C_{0.1} = (-1,88938 \times 10^{-05}) \cos \left(1 \frac{(0-0,5) \times 3,14}{13} \right) = 1,6746 \times 10^{-05}$$

$$C_{0.2} = (2,76518 \times 10^{-09}) \cos \left(1 \frac{(1-0,5) \times 3,14}{13} \right) = -2,686 \times 10^{-09}$$

Lakukan perhitungan secara berulang sampai $C_{30233.1}$ dengan persamaan (2.7), sehingga didapatkan nilai *cepstrum* seperti Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Nilai C

n	C ₁	C ₂	⋮	C ₁₃
0	1,6746×10 ⁻⁰⁵	-1,079×10 ⁻⁰⁵	⋮	1,88884×10 ⁻⁰⁵
1	-2,686×10 ⁻⁰⁹	2,45284×10 ⁻⁰⁹	⋮	2,76449×10 ⁻⁰⁹
2	-5,772×10 ⁻⁰⁹	5,2574×10 ⁻⁰⁹	⋮	5,94582×10 ⁻⁰⁹
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30.233	-3,7645×10 ⁻⁰⁹	-1,23547×10 ⁻⁰⁹	⋮	-3,21483×10 ⁻⁰⁹
Jumlah	2,9504	-2,66679	⋮	0,810077

Untuk lebih jelas nilai *cepstrum* atau nilai ciri huruf Ta Benar C₁ sampai dengan C₁₃ dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13 Nilai Ciri Data Latih Huruf Ta Benar

j	Cn	j	Cn
1	2,9504	8	-0,809216
2	-2,66679	9	-0,981827
3	-1,90791	10	-1,13813
4	0,130475	11	-0,0873779
5	-0,992365	12	1,14448
6	-0,448738	13	0,810077
7	-0,914748		

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lakukan langkah *frame blocking* sampai *cepstrum* untuk 19 data latih Ta benar dan 20 data latih Ta Salah yang lain sehingga didapatkan nilai ekstraksi ciri untuk huruf Ta sebanyak 40 data ciri. Untuk lebih jelas hasil nilai ekstraksi ciri huruf Ta dapat di lihat pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Nilai Ekstraksi Ciri Data Latih Huruf Ta

Data Ke-	Matriks Nilai Ciri	Kelas
1	2,9504 -2,6668 -1,9079 -0,1305 -0,9924 -0,4487 -0,9147 -0,8092 -0,9818 -1,1381 -0,0874 1,1445 0,8101	1
2	3,2973 -4,3371 -1,8831 0,1817 -1,2633 -1,1264 -1,4526 0,0301 0,6884 2,0899 1,1438 -0,5786 - 0,4743	1
3	4,0168 -1,7113 -2,9660 0,1074 -0,6282 -0,2578 -1,1572 -1,1279 -1,2461 -1,3001 0,2138 1,2561 1,1515	1
4	2,8385 -2,0396 -2,4039 -0,0242 -0,3222 -0,4748 0,1369 -0,8150 -0,3274 -0,4584 -1,1693 -1,2500 -0,7498	1
5	3,2445 -0,9412 -1,8259 -0,3347 -0,8528 -0,8454 -0,3892 -0,3717 -0,0936 -0,1074 -0,5264 -1,1746 -14010	1
.	.	.
.	.	.
.	.	.
39	1,7199 -0,4206 -0,8285 1,4772 -1,0989 -0,6121 -0,3928 -0,5046 0,5749 -0,2500 -0,3879 0,5939 0,1925	2
40	1,8672 -0,0873 -0,9821 1,8257 -0,2861 -0,9940 -0,1552 -0,5571 0,2541 0,1347 -0,4094 -0,1716 0,9094	2

Keterangan: Kelas dengan nilai **1** adalah **Ta Benar**

Kelas dengan nilai **2** adalah **Ta Salah**

Kemudian lakukan hal yang sama mulai dari awal sampai akhir untuk semua rekaman data latih huruf-huruf ikhfa yang lain yakni huruf **Tsa, Jim, Dal, Dzal, Zai, Sin, Syim, Shad, Dhad, Tha, Zha, Fa, Qaf dan Kaf**, sehingga didapatkan nilai ekstraksi ciri untuk setiap huruf ikhfa sebanyak 40 ciri data latih (20 data ciri latih bacaan yang benar dan 20 data ciri latih bacaan yang salah).

Setelah selesai proses ekstraksi ciri data latih, maka langkah selanjutnya adalah proses ekstraksi data uji. Proses ekstraksi ciri data uji

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dilakukan dengan cara yang sama seperti pada proses ekstraksi data latih yakni mulai dari proses normalisasi, segmentasi dan ekstraksi ciri MFCC, namun hasil dari pengolahan data suara uji langsung digunakan untuk proses klasifikasi atau penentuan kelas suara tanpa disimpan kedalam *database*.

Pembentukan data uji dalam penelitian ini diambil satu sampel suara data yang benar dan satu sampel suara data yang salah pada setiap responden secara acak. Misalnya setiap responden akan melakukan pengulangan bacaan sebanyak 10 kali setiap huruf *ikhfa* yakni 5 kali bacaan yang benar dan 5 kali bacaan yang salah. Maka akan diambil data uji sebanyak 1 data suara bacaan benar dan 1 data suara bacaan yang salah pada setiap respondennya, sehingga jumlah data uji untuk 1 huruf *ikhfa* sebanyak 10 data uji karena jumlah responden pada penelitian ini adalah 5 orang. Nilai ciri data uji huruf Ta dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Nilai Ekstraksi Ciri Data Uji Huruf Ta

Data Ke-	Matriks Nilai Ciri	Kelas
1	3,43097 -2,88628 -2,77137 0,413046 -0,68528 -0,488663 -0,51709 -1,04522 -0,817429 -1,86163 -0,923407 -0,104438 1,3999	1
2	4,06878 0,393703 -1,90826 -0,264165 -0,769742 -0,861751 -0,544155 -0,295022 -0,476256 0,0771026 0,222726 0,41214 -0,0589214	1
3	4,38728 -1,67365 -2,7353 -0,624179 -0,244545 0,0899657 -0,356854 -0,189203 -0,981192 0,559203 -1,30738 -1,55933 -0,771588	1
4	6,59255 -2,48048 -1,82347 -0,271025 -0,439662 -0,849262 0,405264 0,383673 -0,110976 -0,185261 -0,165977 -0,180777 -1,34082	1
5	3,96029 -1,87061 -0,892397 -0,0844896 -1,33681 -0,12192 0,0363754 0,23798 -0,5147 -0,347119 0,0684066 -0,0298373 0,547721	1
6	3,00115 -2,31112 -1,58835 -0,801044 -1,37104 0,136925 -1,44591 -1,09397 -1,29783 -1,3341 -0,638366 0,629145 1,23813	2
7	4,1581 0,224424 1,52343 -0,458966 -1,1098 -0,403301 0,345892 0,0526249 -0,335434 - 0,451789 -0,546334 0,174452 -0,483818	2
8	3,56878 -1,09814 -1,00869 0,694318 -1,03972 -0,272531 -0,214164 -0,113008 0,217917 -0,118386 0,0880552 0,542121 -0,1563	2
9	3,28669 -1,92946 -1,34607 0,281622 0,105549	2

	-1,00721 0,0290113 -0,527107 0,188684 -0,398198 -0,320601 -0,293273 -1,53398	
10	2,5745 -0,121083 -0,963268 1,57764 -1,01045 -0,763468 -0,251351 -0,502895 0,636483 0,158287 -0,521485 0,173669 0,870343	2

Keterangan: Kelas dengan nilai **1** adalah **Ta Benar**

Kelas dengan nilai **2** adalah **Ta Salah**

4.1.2.2 K-Nearest Neighbor (KNN)

Pada tahap ini dilakukan klasifikasi data dengan cara mencari jarak terdekat dan jumlah kesamaan terbanyak sesuai dengan K tetangga (*neighbor*) yang diketahui antara data yang diuji dengan data latih (data yang ada pada *database*). Sebagai contoh pada penelitian ini penulis mengambil data ke-1 pada nilai ekstraksi ciri data uji huruf Ta pada Tabel 4.15 untuk data uji dan Tabel 4.14 nilai ekstraksi ciri data latih huruf Ta untuk data latih. Untuk lebih jelas data ke-1 data uji huruf Ta Benar dapat di lihat pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16 Contoh Ekstraksi Ciri Data Uji Ta Benar

J	C(j)	j	C(j)
1	3,43097	8	-1,04522
2	-2,88628	9	-0,817429
3	-2,77137	10	-1,86163
4	0,413046	11	-0,923407
5	-0,68528	12	-0,104438
6	-0,488663	13	1,3999
7	-0,51709		

Cara mencari jarak terdekat dan jumlah kesamaan terbanyak sesuai dengan K tetangga (*neighbor*) yang diketahui antara data yang diuji dengan data latih (data yang ada pada *database*) pada penelitian ini menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN). Langkah-langkah untuk mengklasifikasikan data dengan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) merujuk pada BAB II bagian 2.9. Untuk lebih jelas dapat di lihat perhitungan KNN berikut.

1. Tentukan parameter nilai K = jumlah tetangga terdekat. Pada penelitian ini menggunakan 4 parameter nilai K yaitu 1,3,5 dan 7, tetapi pada contoh ini penulis mengambil nilai K = 3.
2. Hitung jarak antara data uji dan data latih menggunakan rumus *Euclidean*. Rumus *Euclidean* merujuk pada persamaan (2.8).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$D(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{13} (x_i - y_i)^2}$$

$$D(1,1) = ((3,43097 - 2,9504)^2 + (-2,88628 - (-2,6668))^2 + (-2,77137 - (-1,9079))^2 + (0,413046 - (-0,1305))^2 + (-0,68528 - (-0,9924))^2 + (-0,488663 - (-0,4487))^2 + (-0,51709 - (-0,9147))^2 + (-1,04522 - (-0,8092))^2 + (-0,817429 - (-0,9818))^2 + (-1,86163 - (-1,1381))^2 + (-0,923407 - (-0,0874))^2 + (-0,104438 - (-1,1445))^2 + (1,3999 - (0,8101))^2)$$

$$D(1,1) = \sqrt{4,571278} = 2,138055$$

Penghitungan jarak dengan menggunakan rumus *Euclidean* diatas dilakukan secara berulang sampai $D(40,40)$. Setelah jarak keseluruhan data dihitung, maka didapatkan jarak terdekat seperti pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17 Hasil Jarak *Euclidean*

Data Ke-	D(x,y)	Kelas	Urutan Ke-
1	2,138055	1	1
2	5,873759	1	3
3	3,353139	1	4
4	3,909737	1	5
5	5,798479	1	2
6	6,933954	1	6
7	7,539865	1	8
8	7,469795	1	7
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
36	35,16104	2	36
37	35,9824	2	37
38	37,14283	2	38
39	38,15403	2	39
40	38,91883	2	40

3. Urutkan jarak yang terbentuk dari yang terdekat sampai yang terjauh pada masing-masing titik sejumlah K dan tentukan jarak terdekat pada tiap titik-titik tersebut sampai urutan ke-K. Untuk Lebih jelas dapat di lihat pada Tabel 4.18 berikut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.18 Jarak Terdekat *Euclidean*

Data Ke-	D(x,y)	Kelas	Urutan Ke-
1	2,138055	1	1
5	5,798479	1	2
2	5,873759	1	3
3	3,353139	1	4
4	3,909737	1	5
6	6,933954	1	6
8	7,469795	1	7
7	7,539865	1	8
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
36	35,16104	2	36
37	35,9824	2	37
38	37,14283	2	38
39	38,15403	2	39
40	38,91883	2	40

- Pasangkan kelas yang bersesuaian yaitu jarak paling dekat antara setiap titik dengan sebuah kelas data latih, dimana kelas tersebut kelas yang bersangkutan. Karena pada Tabel 4.17 semua kelas yang termasuk kedalam nilai parameter K adalah sama, maka tidak perlu lagi disesuaikan kelasnya.
- Cari jumlah kelas terbanyak dari tetangga terdekat tersebut dan tetapkan kelas tersebut sebagai kelas data yang dievaluasi (data uji). Jadi, karena jumlah kelas terbanyak dari ketetanggaan terdekat pada Tabel 4.17 adalah kelas 1 (Ta Benar), maka ditetapkan bahwa contoh hukum tajwid ikhfa pada huruf Ta yang di uji yaitu contoh bacaannya **benar**.

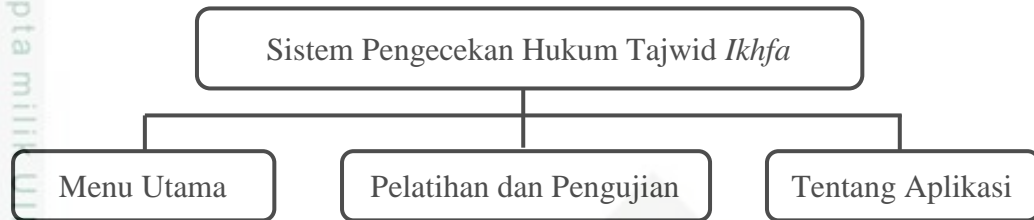
4.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan gambaran dari tahapan secara umum tentang rancangan sistem yang akan diimplementasikan. Adapun tahap perancangan terdiri dari perancangan struktur menu dan perancangan antarmuka (*interface*).

4.2.1 Perancangan Struktur Menu

Struktur menu merupakan gambaran dari fitur-fitur yang terdapat pada sistem yang dibangun. Menu tersebut terdiri dari menu halaman utama, menu

pelatihan dan pengujian dan menu tentang aplikasi (*about*). Rancangan struktur menu dapat dilihat pada Gambar 4.10 Berikut.



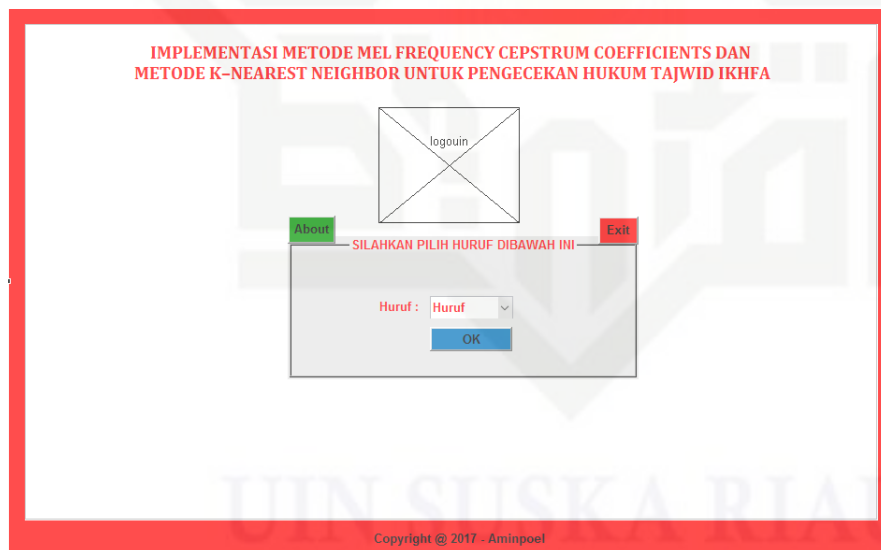
Gambar 4.10 Struktur Menu

4.2.2 Perancangan Antarmuka (*Interface*)

Interface merupakan tampilan sistem yang digunakan untuk membuat komunikasi yang baik dan konsisten antara sistem dengan penggunanya. Rancangan *Interface* pada sistem ini sebagai berikut:

4.2.2.1 Halaman Utama

Halaman utama ini akan menjadi menu yang pertama kali tampil saat menjalankan sistem ini. Tampilan halaman utama dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Halaman Utama

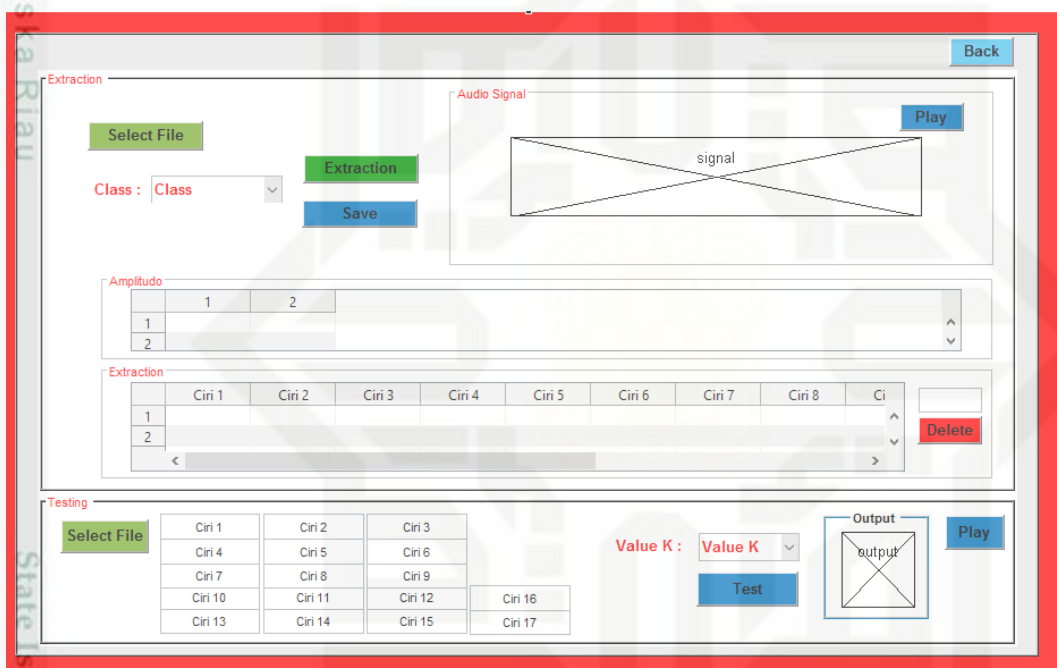
Tabel 4.19 Keterangan Halaman Utama

No	Nama	Jenis	Keterangan
1	OK	Button	Menampilkan halaman pelatihan dan pengujian berdasarkan huruf <i>ikhfa</i> yang di pilih pada “Pop-up Menu”
2	About	Button	Menampilkan halaman tentang cara menggunakan aplikasi yang dibuat
3	Huruf	Pop-up	Memilih huruf <i>ikhfa</i> yang akan diproses ke halaman

		<i>Menu</i>	pelatihan dan pengujian
4	Logo UIN	<i>Axes</i>	Menampilkan logo UIN SUSKA RIAU
3	Exit	<i>Button</i>	Tombol untuk menutup aplikasi

4.2.2.2 Menu Pelatihan dan Pengujian

Menu ini akan muncul pada saat pengguna memilih salah satu huruf *ikhfa* pada “Pop-up Menu” dan menekan tombol OK. Menu ini berfungsi untuk melakukan pelatihan dan pengujian aplikasi yang dibuat. Tampilan pelatihan dan pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Menu Pelatihan dan Pengujian

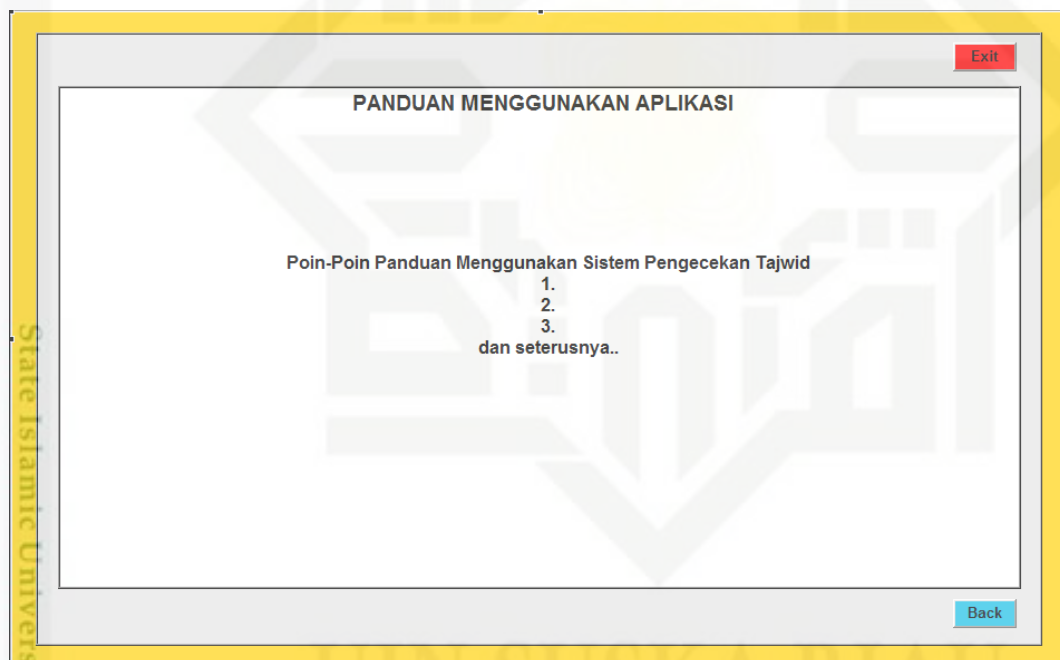
Tabel 4.20 Keterangan Menu Pelatihan dan Pengujian

No	Nama	Jenis	Keterangan
<i>Extraction</i>			
1	<i>Select File</i>	<i>Button</i>	Memilih file suara yang dijadikan data latih
2	<i>Extraction</i>	<i>Button</i>	Melakukan proses ekstraksi ciri
3	<i>Class</i>	<i>Pop-up Menu</i>	Memilih kelas suara untuk pelatihan
4	<i>Save</i>	<i>Button</i>	Menyimpan proses ekstraksi ciri kedalam <i>database</i>
5	<i>Signal</i>	<i>Axes</i>	Menampilkan sinyal suara latih yang diinput
5	<i>Play</i>	<i>Button</i>	Memutar sinyal suara data latih yang diinput
6	<i>Amplitudo</i>	<i>Table</i>	Menampilkannilai amplitude dari data latih yang dipilih pada tombol <i>Select File</i>
7	<i>Extraction</i>	<i>Table</i>	Menampilkan nilai ekstraksi ciri suara yang telah disimpan dalam <i>database</i>
<i>Testing</i>			

8	<i>Select File</i>	<i>Button</i>	Memilih file suara yang dijadikan data uji
9	Ciri 1 sampai Ciri 17	<i>Edit Text</i>	Menampilkan ekstraksi ciri data uji yang dipilih pada tombol <i>Select File</i>
10	<i>Value K</i>	<i>Pop-up Menu</i>	Memilih jumlah parameter K yang akan diuji
11	<i>Test</i>	<i>Button</i>	Melakukan pengujian antara data latih dan data uji
12	<i>Output</i>	<i>Axes</i>	Menampilkan Gambar hasil data uji dengan kategori benar (Tanda Ceklis) atau salah (Tanda Silang)
13	<i>Play</i>	<i>Button</i>	Memutar sinyal suara data uji yang diinput
14	<i>Back</i>	<i>Button</i>	Menampilkan Halaman Utama

4.2.2.3 Menu Tentang Aplikasi (*About*)

Menu ini akan menampilkan tentang informasi mengenai panduan dalam menggunakan aplikasi. Tampilan menu *About* dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Menu Tentang Aplikasi (*About*)

Tabel 4.21 Keterangan Menu Tentang Aplikasi (*About*)

No	Nama	Jenis	Keterangan
1	<i>Exit</i>	<i>Button</i>	Menutup Tampilan menu Tentang Aplikasi
2	<i>Back</i>	<i>Button</i>	Menampilkan halaman Halaman Utama